

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

Vyprazdňování pracovní palety gravitačního dopravníku

Unloading of the Pallet for Gravity Conveyor

Student:

Martin Duda

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Hapla

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Duda**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Vyprazdňování pracovní palety gravitačního dopravníku**
Unloading of the Pallet for Gravity Conveyor
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh sekce gravitačního dopravníku včetně pracovní palety. Sekce bude umožňovat otáčení pracovní palety s výrobkem o 180 stupňů kolem horizontální osy z důvodu vyprázdnění palety. Po vykonání pracovní operace se paleta otočí zpět a pokračuje v pohybu po dopravníku. Před provedením pracovní operace je přepravovaný materiál v paletě pevně fixován. Pro návrh využijte přednostně jednoduchých mechanismů.

Výchozí parametry:

- maximální vnější rozměry pracovní palety 300 x 300 mm,
- paleta se pohybuje na válečcích,
- velikost dopravovaného materiálu 230 x 130 x 60 mm,
- hmotnost dopravovaného materiálu 1 000 g.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
POLÁK, J., PAVLIŠKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2001, 104 s. ISBN 80-248-0043-8
POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLIŠKA, J., HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2005, 108 s. ISBN 80-248-0493-X
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



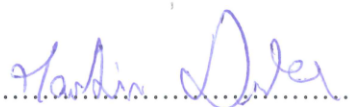
Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Haplovi, za jeho cenné rady a připomínky a hlavně za ochotu a čas, který mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl také poděkovat své rodině za podporu ve studiu.

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: ...16.5.2016...

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Martin Džer', written over a dotted line.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: ...16.5.2016...



podpis studenta

Martin Duda

Na Břehu 2423/27, 794 01, Krnov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DUDA, M. *Vyprazdňování pracovní palety gravitačního dopravníku*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2016, 47 s. Bakalářská práce, vedoucí práce Ing. Hapla, T.

Bakalářská práce pojednává o konstrukčním návrhu sekce gravitačního dopravníku pro vyprazdňování pracovní palety.

Úvod práce obsahuje problematiku dopravníků a jejich dostupnost na trhu. Dále práce obsahuje celkový popis funkce konstrukce, konstrukční návrh pracovní palety, dráhy gravitačního dopravníku a návrh sekce pro vyprazdňování pracovní palety. Všechny části bakalářské práce jsou doplněny o pevnostní analýzy metodou konečných prvků. K bakalářské práci je vyhotovena a přiložena výkresová dokumentace.

ANNOTATION OF THESIS

DUDA, M. *Unloading of the Pallet for Gravity Conveyor*. Ostrava: department of production machines and designing, Faculty of mechanical engineering, VŠB – University of Technology Ostrava, 2016, 47 p. Bachelor thesis, leader Ing. Hapla, T.

Bachelor thesis contains the structural design of a gravity conveyor section for unloading pallet.

The beginning of the thesis presents conveyors and their availability on the market. The thesis also includes a general description of the functions of design, pallet engineering design, gravity conveyor tracks and a design of the section for unloading the pallet. All parts of the thesis are complemented by the strength analysis using finite element method. Drawing documentation is also enclosed with the thesis.

Obsah

Seznam použitých značek	10
Úvod.....	11
1. Dopravníky.....	12
1.1. Problematika dopravníků	12
1.2. Definice dopravníku	12
1.3. Rozdělení.....	12
<i>1.3.1. Dopravníky s pohonem</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2. Dopravníky bez pohonu</i>	<i>15</i>
2. Návrh konstrukce	18
3. Popis konstrukce	20
4. Konstrukce pracovní palety	22
5. Konstrukce dopravní plochy	23
5.1. Rovnice rovnováhy	24
5.2. Výpočet tíhové síly a její složky	24
5.3. Výpočet normálových sil	25
5.4. Pevnostní analýza.....	26
6. Konstrukce věže	27
6.1. Konstrukce pojízdné klece	27
6.2. Konstrukce záchytné plošiny	30
<i>6.2.1. Výpočet valivého odporu pracovní palety</i>	<i>30</i>
<i>6.2.2. Výpočet koeficientu tření</i>	<i>32</i>
<i>6.2.3. Výpočet pohonné síly pracovní palety</i>	<i>32</i>
<i>6.2.4. Výpočet zrychlení, rychlosti a času.....</i>	<i>33</i>
<i>6.2.5. Silový impuls pracovní palety</i>	<i>34</i>

6.2.6.	<i>Pevnostní analýza závory</i>	34
6.3.	Kladky a jejich uchycení	35
6.4.	Ocelové lano	38
6.5.	Tlumiče nárazů pro pojízdnou klec	40
6.6.	Bezpečnostní mechanismy	41
6.6.1.	<i>Horní pojistný mechanismus</i>	41
6.6.2.	<i>Dolní pojistný mechanismus</i>	41
6.6.3.	<i>Závora</i>	42
6.6.4.	<i>Mechanismus popostrčení pracovní palety</i>	43
7.	Závěr	44
	Literatura	45
	Seznam příloh	47

Seznam použitých značek

F	Síla v ocelovém laně	[N]
F_n	Síla jednoho válečku na dráhu	[N]
F_{nc}	Celková síla pracovní palety na dráhu	[N]
F_p	Pohonná síla pracovní palety	[N]
F_t	Valivý odpor jednoho válečku	[N]
F_{tc}	Celkový valivý odpor pracovní palety	[N]
G	Gravitační síla pracovní palety	[N]
G_x	Složka gravitační síly ve směru osy x	[N]
G_y	Složka gravitační síly ve směru osy y	[N]
I	Impuls síly pracovní palety	[N·s]
N_a	Normálová síla v bodě A	[N]
N_b	Normálová síla v bodě B	[N]
N_j	Mez únosnosti ocelového lana	[N]
R	Poloměr válečku	[m]
T_a	Třecí síla v bodě A	[N]
T_b	Třecí síla v bodě B	[N]
a	Zrychlení pracovní palety	[m·s ⁻²]
a, b, c	Vzdálenosti těžiště pracovní palety	[m]
f	Koeficient tření pracovní palety	[-]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
k	Bezpečnost ocelového lana	[-]
l	Délka dráhy	[m]
m	Hmotnost pracovní palety	[kg]
t	Čas	[s]
v	Rychlost pracovní palety	[m·s ⁻¹]
α	Úhel sklonu dráhy	[°]
ζ	Součinitel valivého tření	[m]

Úvod

Bakalářská práce pojednává o konstrukčním návrhu sekce gravitačního dopravníku pro vyprazdňování pracovní palety. Sekce má za úkol otočit pracovní paletu o 180° kolem horizontální osy, z důvodu vyprázdnění pracovní palety, a opět zpátky do výchozí polohy. Následně po dokončení vyprazdňovací operace bude prázdná pracovní paleta pokračovat dál v cestě po dopravníku.

Práce je ovšem omezena několika požadavky, které musí splnit. Jeden požadavek byl již zmíněn v předchozím odstavci. Další kladené požadavky jsou: využití přednostně jednoduchých mechanismů, dále jsou stanoveny rozměry a způsob pohybu pracovní palety. Posledním výchozím parametrem je udání rozměrů a hmotnosti dopravovaného materiálu.

Cílem bakalářské práce je tedy konstrukční návrh sekce gravitačního dopravníku pro vyprazdňování pracovní palety s využitím jednoduchých mechanismů tzn., pouze sil vycházejících z gravitace a dynamiky pohybu pracovní palety, bez možnosti použití přídavných pohonných zařízení. Rovněž bude potřeba vyhotovit konstrukci dopravní plochy z důvodu nájezdové rychlosti pracovní palety do sekce pro výklop a nárazových sil pracovní palety.

1. Dopravníky

1.1. Problematika dopravníků

Dnes jsou dopravníky nedílnou součástí téměř každého výrobního podniku. Nebylo tomu tak ale vždy. Historie dopravníků sahá hluboko do minulosti, neboť za dopravník jako takový považujeme každou dráhu, po které něco úmyslně dopravujeme. Postupem času se dopravníky zdokonalovaly a stávaly se lepšími a přesnějšími, především díky novým technologiím a materiálům. Velký podíl na rozvoji dopravníků má vynález oceli v první polovině 19. století, která je důležitým materiálem dopravníků i v dnešní době.

Jak již bylo psáno, využívání dopravníků je v dnešní době velmi rozsáhlé. Uplatnění dopravníků je snad ve všech odvětvích průmyslu, příkladem může být doprava sypkých hmot v dolech, využití v potravinářství, nebo strojírenství apod.

1.2. Definice dopravníku

Dopravník můžeme obecně popsat jako zařízení, které je určené k dopravě materiálu z jednoho místa na místo druhé po určené dráze nebo-li záměrné dopravování materiálu po předem určené dráze. Materiálem se rozumí jak sypké hmoty, tak kusové zboží, nebo celistvé manipulační jednotky, dokonce i přeprava osob (eskalátory).

1.3. Rozdělení

Dopravníků existuje velká spousta druhů a dělí se podle mnoha kritérií, jako dopravovaný materiál, způsob pohonu, nebo například místo využití apod.

Obecně lze ale rozdělit dopravníky na dvě základní skupiny, a to dopravníky s pohonem a dopravníky bez pohonu.

1.3.1. Dopravníky s pohonem

To jsou takové dopravníky, kde je k uvedení dopravníku do pohybu použit určitý druh pohonu, tj. elektromotor, nebo spalovací motor apod.

Dopravníky s pohonem se poté rozdělují podle použitého prvku na dopravníky s tažným prvkem a dopravníky bez tažného prvku (s hnacím prvkem).

a) Dopravníky s tažným prvkem: Dopravovaný materiál se nepohybuje vzhledem k tažnému prvku. Tažným prvkem se rozumí pás, článek, apod.

- Pásové (obr. 1)
- Článekové (Obr. 2)
- Korečkové (Obr. 3)
- Vozíkové (Obr. 4)

b) Dopravníky bez tažného prvku (s hnacím prvkem): Dopravovaný materiál vykonává pohyb vzhledem k hnacímu prvku.

- Šnekové (Obr. 5)
- Válečkové (Obr. 6)
- Kladkové



Obr. 1.1. – Pásový dopravník [5]



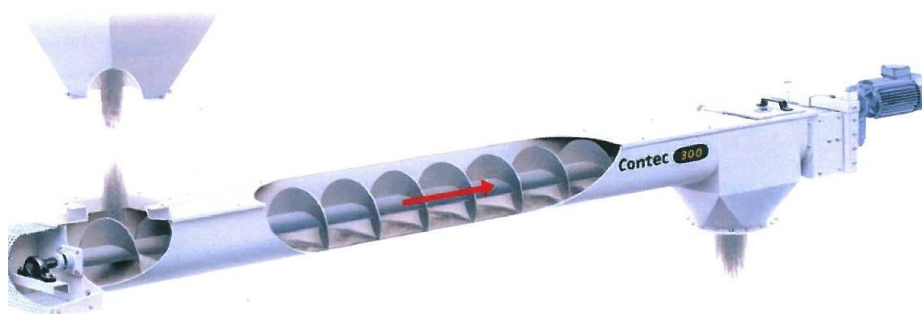
Obr. 1.2. – Článekový dopravník [7]



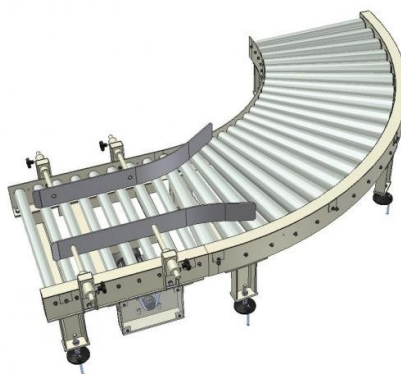
Obr. 1.3. – Korečkový dopravník [6]



Obr. 1.4. – Vozíkový dopravník [8]



Obr. 1.5. – Šnekový dopravník [9]



Obr. 1.6. – Válečkový dopravník [10]

1.3.2. Dopravníky bez pohonu

Dopravníky bez pohonu se vyznačují tím, že nedisponují žádným pomocným pohonným systémem. Proto jsou také označovány jako gravitační dopravníky.

Tyto dopravníky fungují na principu samospádu a materiál se pohybuje po dopravníku čistě vlastní tíhovou silou, neboli gravitací. Za gravitační dopravník považujeme jakoukoliv dráhu, nebo místo, po kterém záměrně přepravujeme materiál. Díky tomu, že zde nejsou použity tažné nebo hnací prvky, jsou levné na celkový provoz. Nevýhodou může být stále zrychlování dopravovaného materiálu.

V praxi se nejčastěji využívají dopravníky válečkové, kdy je materiál dopravován po válečcích, které se otáčejí a tím umožňují hladký pohyb dopravovaného materiálu. Další typ dopravníku může být kladičkový, kde se materiál pohybuje na kladičkách, nebo klasický gravitační dopravník s rovnou a pevnou dráhou, po kterém se pohybuje pracovní paleta s kolečky nebo válečky apod.

Využití těchto gravitačních dopravníků je například ve skladech k přepravě palet, nebo celistvých manipulačních jednotek, anebo na stavbách k přepravě suti, atd.

Příklady gravitačních dopravníků na trhu:

Kladičkový gravitační dopravník firmy STRAND:

Typové označení: 160

Oblast použití:

kusová přeprava plastových přepravek, kartonů apod., mezioperační doprava, výrobní, montážní a expediční linky.

Popis:

nosná konstrukce je vyrobena z profilovaného plechu, unášecí prostředek tvoří nepoháněné kladky nebo vícesměrné jednotky.

Materiál konstrukce:

nerez, ocel pozinkovaná, ocel lakovaná, hliník



Obr. 1.7. – Gravitační kladičková trať firmy STRAND [11]

Válečkový gravitační dopravník firmy FEIFER:

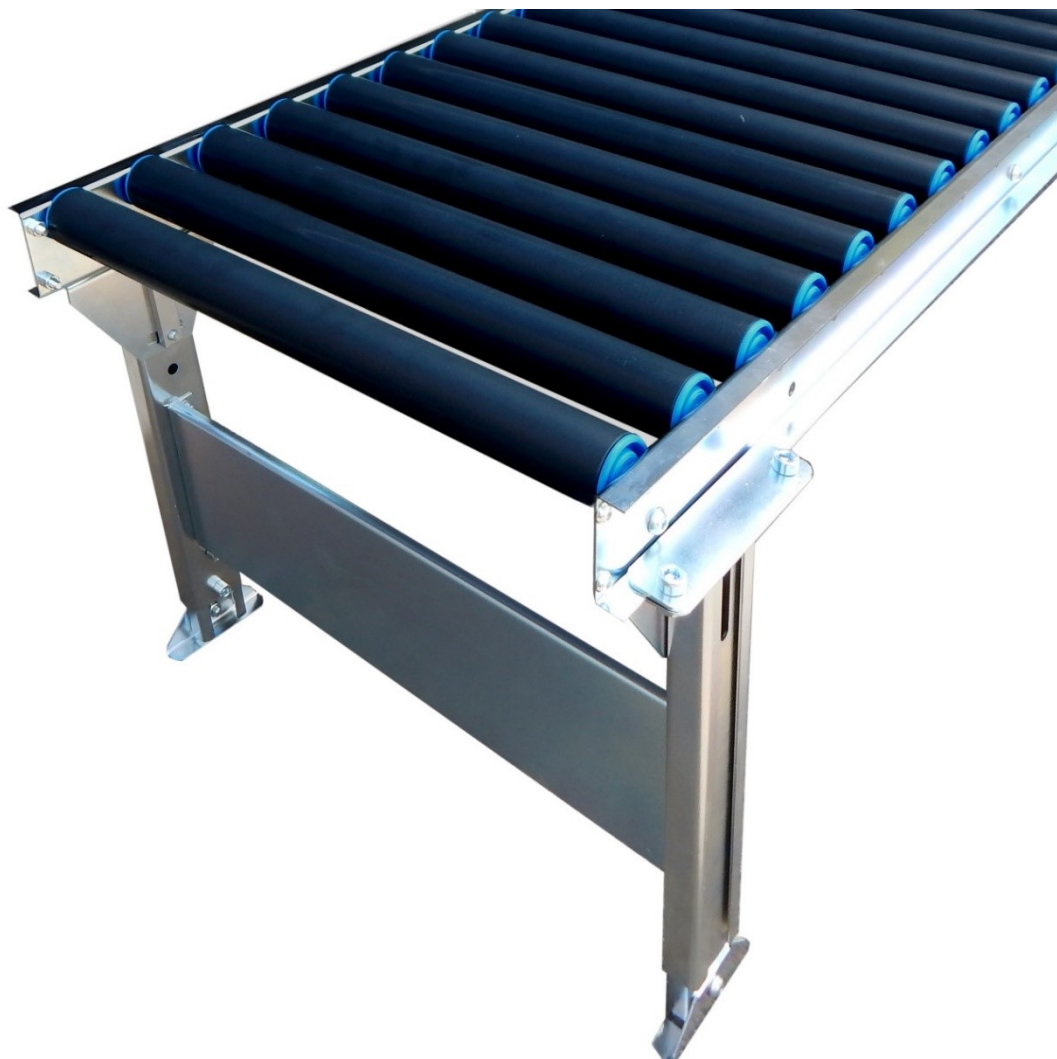
Dopravník DP500, plast. vál., $D=1500$ mm, $P=60$ mm

Nepoháněný gravitační válečkový dopravník DP je vhodný pro sestavení dopravníkových tratí z přímých a obloukových modulů. Je určen především pro přepravu kartónů ale i jiného zboží s rovnou a pevnou spodní částí. Dopravník je možné kombinovat s ostatními moduly a vytvářet tak libovolné dopravníkové dráhy dle potřeb zákazníka.

U dopravníků s plastovými válečky se nosnost udává v kg na 1m dráhy bez ohledu na délku modulu.

- možnost výškového seřízení pro nastavení požadovaného spádu – výškové seřízení 580-920 mm
- na výběr 3 činné šíře dopravníků (300, 500 a 800 mm) a 3 délkové moduly (1000, 1500 a 2000 mm)
- provedení s plast. nebo kovovými válečky – průměr 50 mm

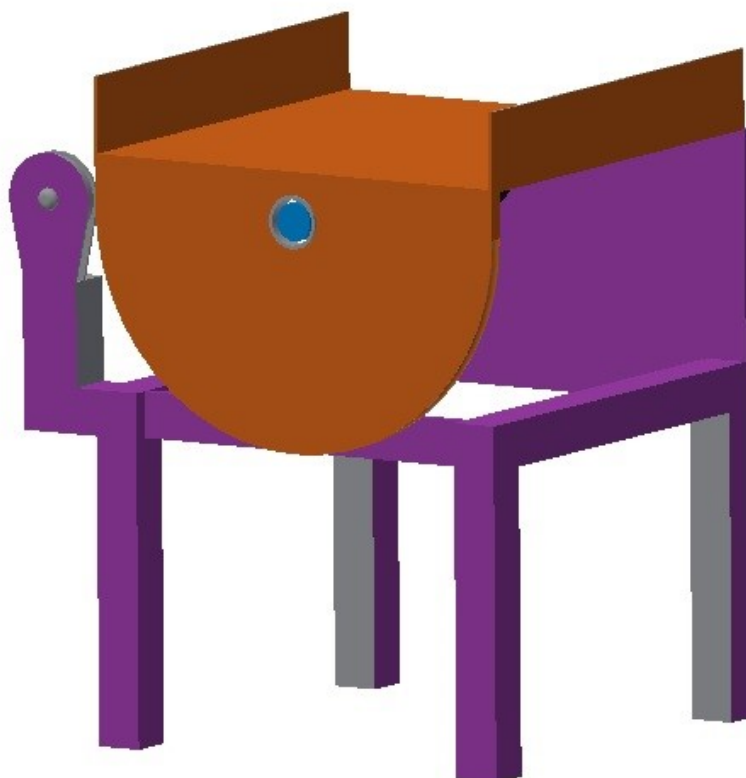
- stabilní boční profily pro vysokou nosnost
- povrchová úprava - galvanický zinek



Obr. 1.8. – Gravitační válečkový dopravník DP500 firmy FEIFER [12]

2. Návrh konstrukce

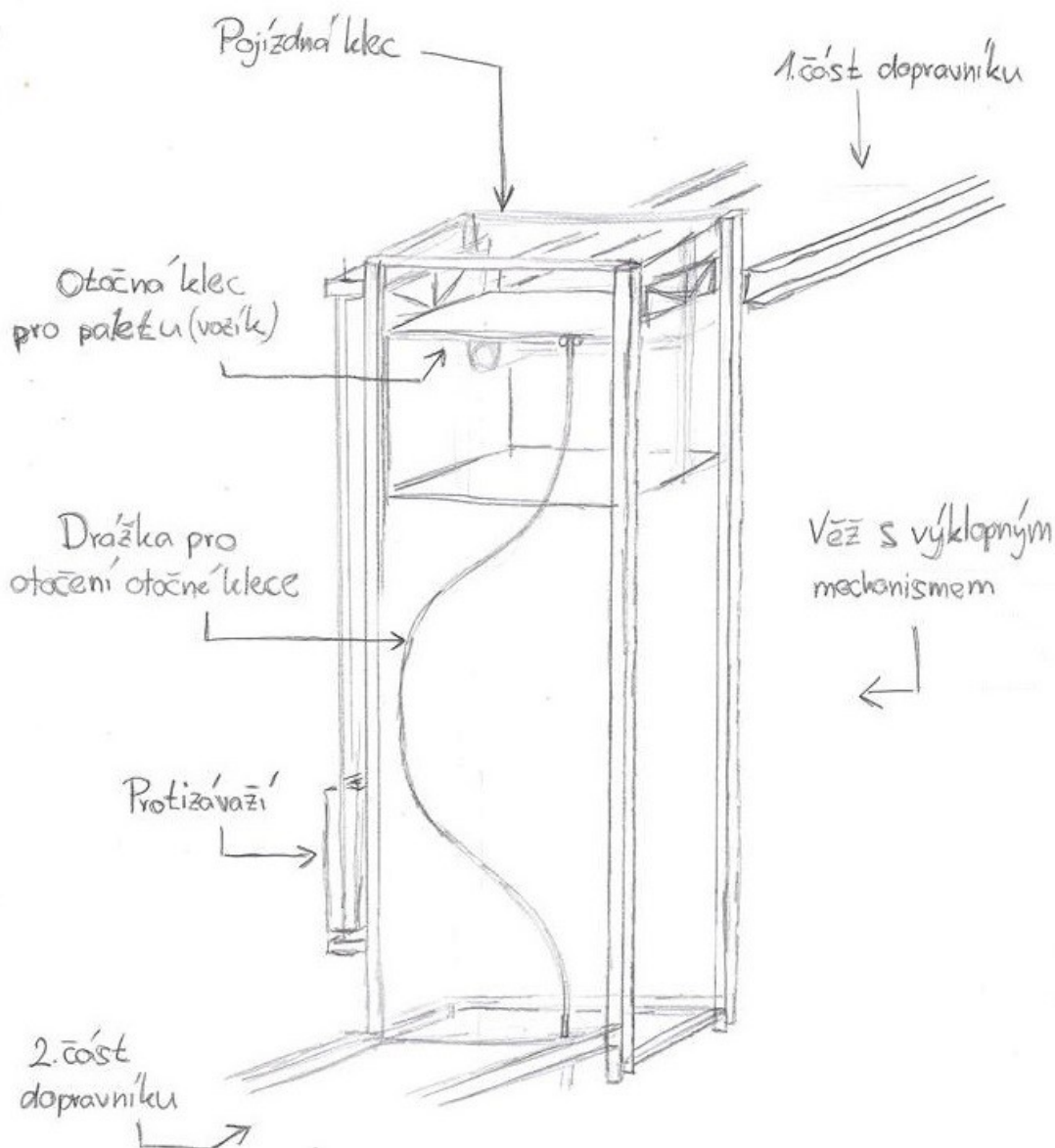
Ze zadání vyplývá, že sekce pro výklop se má otáčet o 180° a přednostně využívat jednoduché mechanismy tzn., vyloučit možnost použití motorů, či jiných pohonných zařízení. Prvotní myšlenka byla proto velmi jednoduchá, a to otáčení sekce pomocí kladky umístěné na kraji (obr. 2.1). Nachází se zde plocha, na kterou by najela pracovní paleta. Sekce by se otočila zřejmě pomocí protizávaží a ocelového lana.



Obr. 2.1. – Prvotní návrh sekce dopravníku pro výklop

Nevýhodou je nemožnost otočení pracovní palety zpět do výchozí polohy, což nesplňuje zadání práce. Proto jsem již dále nerozvíjel tento návrh a musel jsem se začít ubírat jiným směrem.

Druhý, a zároveň konečný návrh, zahrnuje použití věže, ve které bude pojízdná klec (obr. 2.2). Tato klec bude obsahovat také otočnou plošinu, která se bude otáčet o 180° , čímž umožní výklop a celá operace se uskuteční ve vodorovné poloze. Vše je poháněno pouze tíhovou silou pomocí protizávaží.



Obr. 2.2. – Druhý návrh sekce dopravníku pro výklop

Výhodou tohoto provedení je plynulý provoz splňující požadavky zadání a také nízká energetická náročnost. Nevýhodou může být neustálé zrychlování vlivem gravitace.

3. Popis konstrukce

Opěrným bodem celé sestavy je rámová konstrukce věže, k níž je připevněna celá soustava. Uprostřed věže se nachází pojízdná klec pohybující se v drážkách na plastových kolečkách, která je zajištěna protizávažím. Obě tyto části jsou spojeny ocelovým lanem přes soustavu dvou kladek na vrcholu věže.

Uvnitř pojízdné klece je záchytná plošina, jejíž funkcí je zachytit přijíždějící pracovní paletu a v průběhu výklopu ji pevně fixovat proti nežádoucím pohybům. Dále má také funkci otočnou o 360° , aby došlo k úplnému vyprázdnění pracovní palety.

Otočný mechanismus funguje na tom principu, kdy jedna strana záchytné plošiny je pomocí hřídelového čepu vedena v profilové drážce, s jejíž pomocí dojde během pohybu pojízdné klece dolů k otočení záchytné plošiny o 180° a zase zpátky do výchozí polohy.

V momentě, kdy pracovní paleta dojede dolů a opustí konstrukci věže, dojde k odlehčení pojízdné klece a jejímu následnému pohybu vzhůru do počáteční polohy. V této chvíli už může přijet další pracovní paleta, díky níž se stane pojízdná klec těžší než protizávaží a znovu se spustí výklápěcí mechanismus.

Proti nežádoucím rázům, ocel na ocel, je konstrukce opatřena pryžovými tlumiči mezi pojízdnou klecí a věží a mezi protizávažím a věží.

Sestava je též opatřena dvěma pojistnými pákovými mechanismy proti pohybu pojízdné klece, dokud nebude pracovní paleta celá uvnitř nebo mimo věž. Dále obsahuje mechanismy pro popostrčení pracovní palety na konci výklopného děje a závoru, která drží pracovní paletu v záchytné plošině.



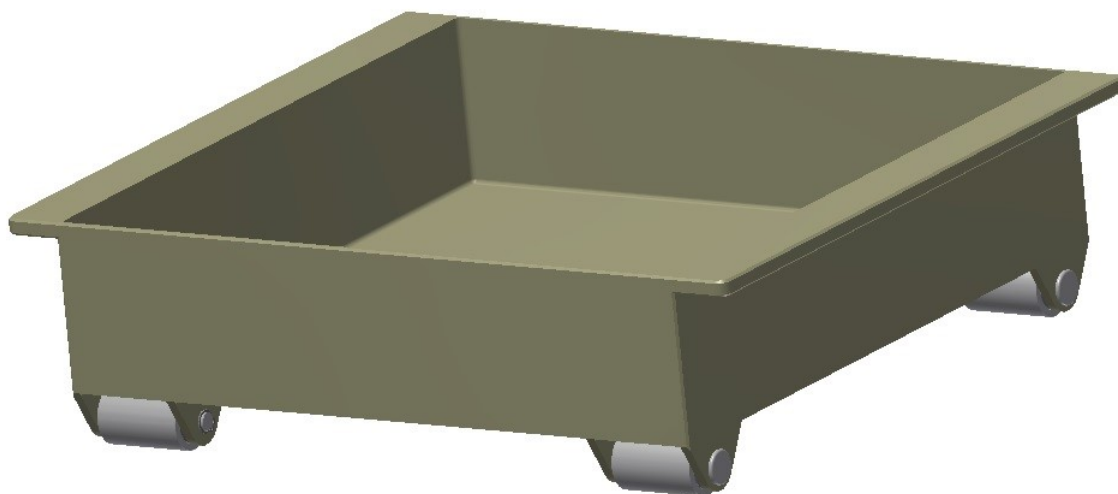
Obr. 3.1. – Konstrukční návrh vyklápečí sekce gravitačního dopravníku z pohledu výstupu



Obr. 3.2. - Konstrukční návrh vyklápečí sekce gravitačního dopravníku z pohledu vstupu

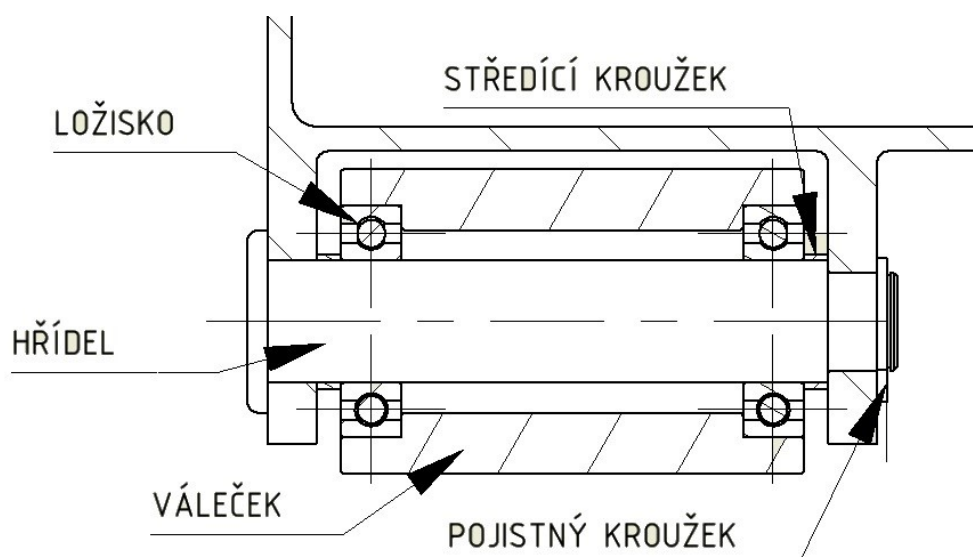
4. Konstrukce pracovní palety

Pracovní paleta je konstruována s co největším ohledem na zadání. To znamená, že se pohybuje na válečcích a má dostatek místa pro přepravu materiálu.



Obr. 4.1. – Pracovní paleta

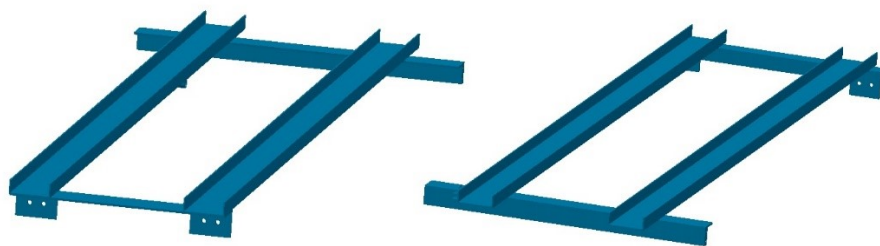
Celá konstrukce palety je z oceli, tudíž se jedná o pevnou a bytelnou konstrukci. Přepravovaný materiál má hmotnost pouze jeden kilogram tzn., že není zapotřebí provádět kontrolu hřídele válečků na ohyb. Průměr hřídele 10 [mm] je víc než dostačující.



Obr. 4.2. – Průřez válečkem pracovní palety

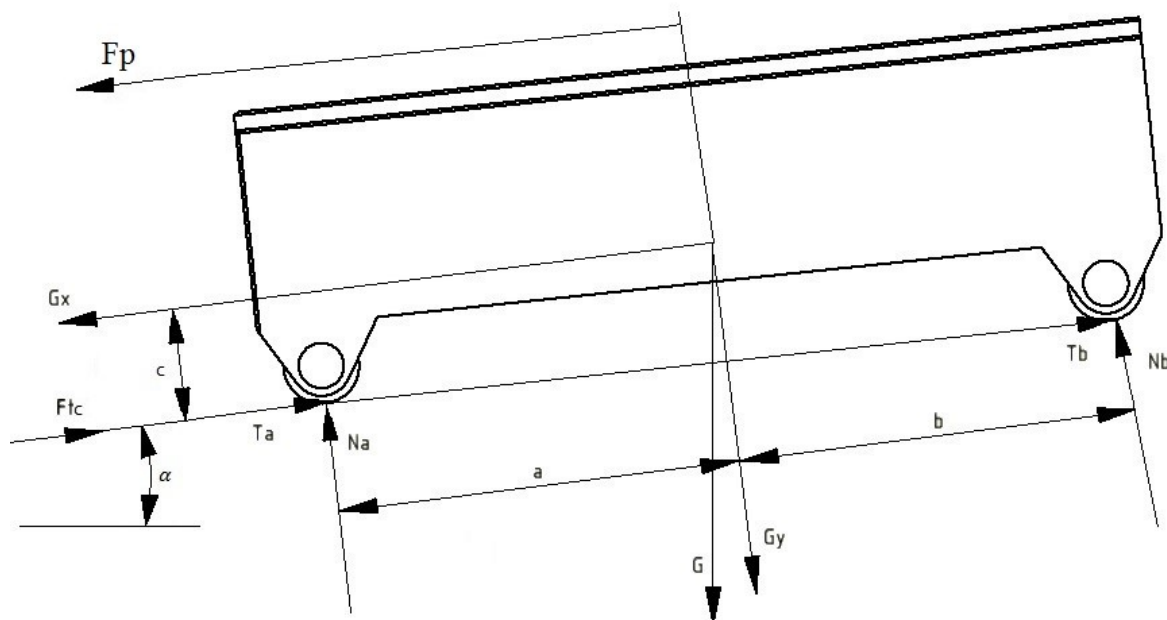
5. Konstrukce dopravní plochy

Gravitační dopravník je konstruován s ohledem na jednoduchost a praktičnost. Pracovní paleta se zde pohybuje ve dvou žlábcích, které jsou k sobě svařeny dvěma profily. Následně jsou konce drah, na vstupu i výstupu, podepřeny dvěma stojnami, které jsou se svařencem spojeny šroubovým spojem. Konstrukce je opět z oceli, aby byla zachována její pevnost a stabilita.



Obr. 5.1. – Dráha na výstupu (vlevo), dráha na vstup (vpravo)

Pro pevnostní analýzu je zapotřebí znát velikost síly, jakou působí naložená pracovní paleta na dráhu dopravníku.



Obr. 5.2. – Silový rozbor působení pracovní palety na dráhu

5.1. Rovnice rovnováhy

Rovnice rovnováhy vycházejí z obr.(5.2.).

$$\Sigma F_x = G_x - T_b - T_a - F_{tc} = 0 \quad (1)$$

Kde:

G_x	[N]	složka gravitační síly ve směru osy x
T_b	[N]	třecí síla v bodě B
T_a	[N]	třecí síla v bodě A
F_{tc}	[N]	celkový valivý odpor pracovní palety

$$\Sigma F_y = N_a + N_b - G_y = 0 \quad (2)$$

Kde:

N_a	[N]	normálová síla v bodě A
N_b	[N]	normálová síla v bodě B
G_y	[N]	složka gravitační síly ve směru osy y

$$\Sigma M_a = N_b \cdot (a + b) - G_y \cdot a + G_x \cdot c = 0 \quad (3)$$

5.2. Výpočet tíhové síly a její složky

Hodnoty potřebné pro výpočet: hmotnost pracovní palety a rozměry jsou získány ze softwaru Autodesk Inventor Profesional 2015.

The image shows a screenshot of the 'Material' and 'General Properties' (Obecné vlastnosti) panels in Autodesk Inventor. The 'Material' panel has a dropdown menu and an 'Aktualizovat' button. The 'General Properties' panel includes fields for 'Hustota' (7,850 g/cm^3) and 'Požadovaná přesnost' (Nízká). Below these are checkboxes for 'Zahrnout kosmetické svary' and 'Zahrnout přepsání KS'. The 'Těžiště' (Center of Mass) section displays mass and volume properties: Hmotnost (4,205 kg (Relativní)), Povrch (430781,163 mm^2), Objem (535684,828 mm^3), and coordinates X (0,056 mm (Relativní)), Y (-0,147 mm (Relativní)), and Z (20,249 mm (Relativní)).

Obr. 5.3. – Fyzikální vlastnosti pracovní palety

Hodnoty těžiště byly zaokrouhleny na celé milimetry. Hodnota hmotnosti je udána bez tíhy dopravovaného materiálu, který je ale ve výpočtech zahrnut.

$$a = 0,13 \text{ m}$$

$$b = 0,13 \text{ m}$$

$$c = 0,037 \text{ m}$$

$$m = 4,205 \text{ kg}$$

Tíhová síla naložené pracovní palety G a její složky x a y .

$$G = m \cdot g \quad [N] \quad (4)$$

$$G = 4,205 \cdot 9,81 = \mathbf{51,061 \text{ N}}$$

Kde:

G [N] gravitační síla naložené pracovní palety

m [kg] hmotnost naložené pracovní palety

g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] gravitační zrychlení

$$G_x = G \cdot \cos(\alpha) \quad [N] \quad (5)$$

$$G_x = 51,061 \cdot \cos(6^\circ) = \mathbf{5,337 \text{ N}}$$

Kde:

α [$^\circ$] úhel sklonu dráhy dopravníku

$$G_y = G \cdot \sin(\alpha) \quad [N] \quad (6)$$

$$G_y = 51,061 \cdot \sin(6^\circ) = \mathbf{50,781 \text{ N}}$$

5.3. Výpočet normálových sil

Normálová síla N_a působí na přední válečky a síla N_b na zadní válečky.

$$N_b = \frac{G_y \cdot a - G_x \cdot c}{(a + b)} \quad [N] \quad (7)$$

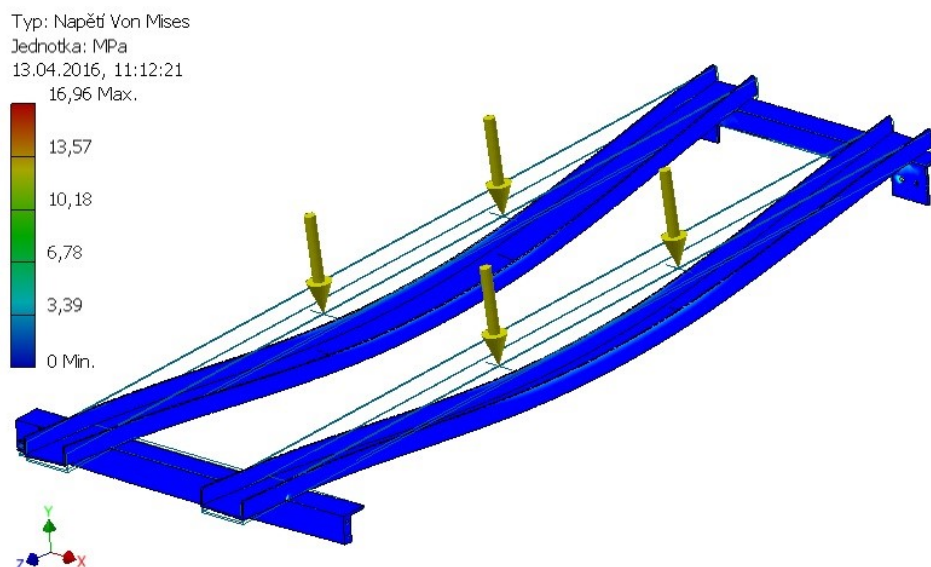
$$N_b = \frac{50,781 \cdot 0,13 - 5,337 \cdot 0,037}{(0,13 + 0,13)} = \mathbf{24,631 \text{ N}}$$

$$N_a = G_y - N_b \quad [N] \quad (8)$$

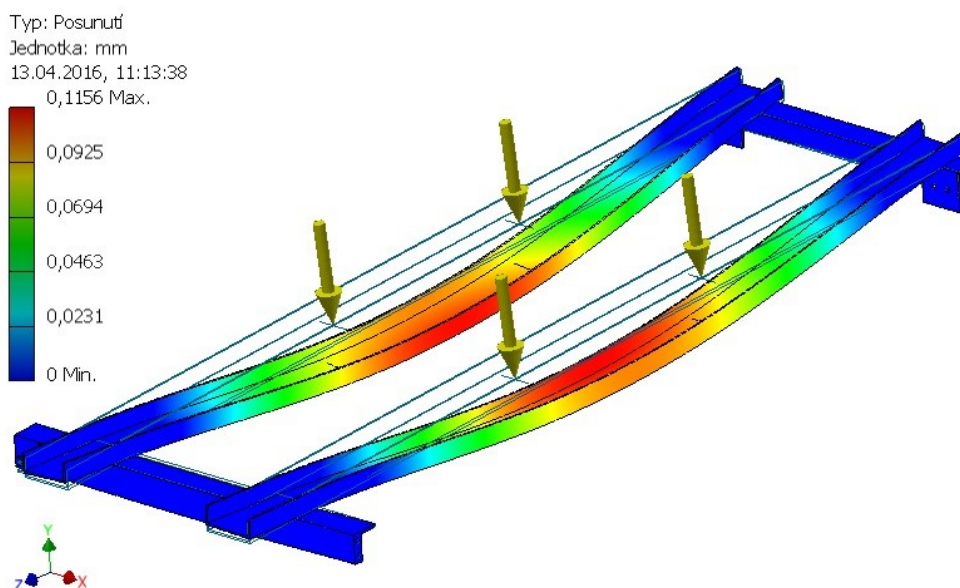
$$N_a = 50,781 - 24,631 = \mathbf{26,149 \text{ N}}$$

5.4. Pevnostní analýza

Následně jsem provedl simulaci v softwaru Autodesk Inventor Profesional 2015, abych zjistil, jaký vliv má tíha pracovní palety na dráhu dopravníku. Pro zjištění největšího statického zatížení a průhybu jsem pracovní paletu umístil doprostřed dopravní plochy.



Obr. 5.4. – Výsledek pevnostní analýzy dráhy (napětí)



Obr. 5.5. – Výsledek pevnostní analýzy (posunutí)

Síly nahrazují válečky pracovní palety. Pevné vazby jsou umístěny v místech šroubových spojů. Velikost síly zatížení na předních válečcích je 26,149 N a na zadních 24,631 N. Obě síly dohromady tvoří celkovou tíhovou sílu pracovní palety.

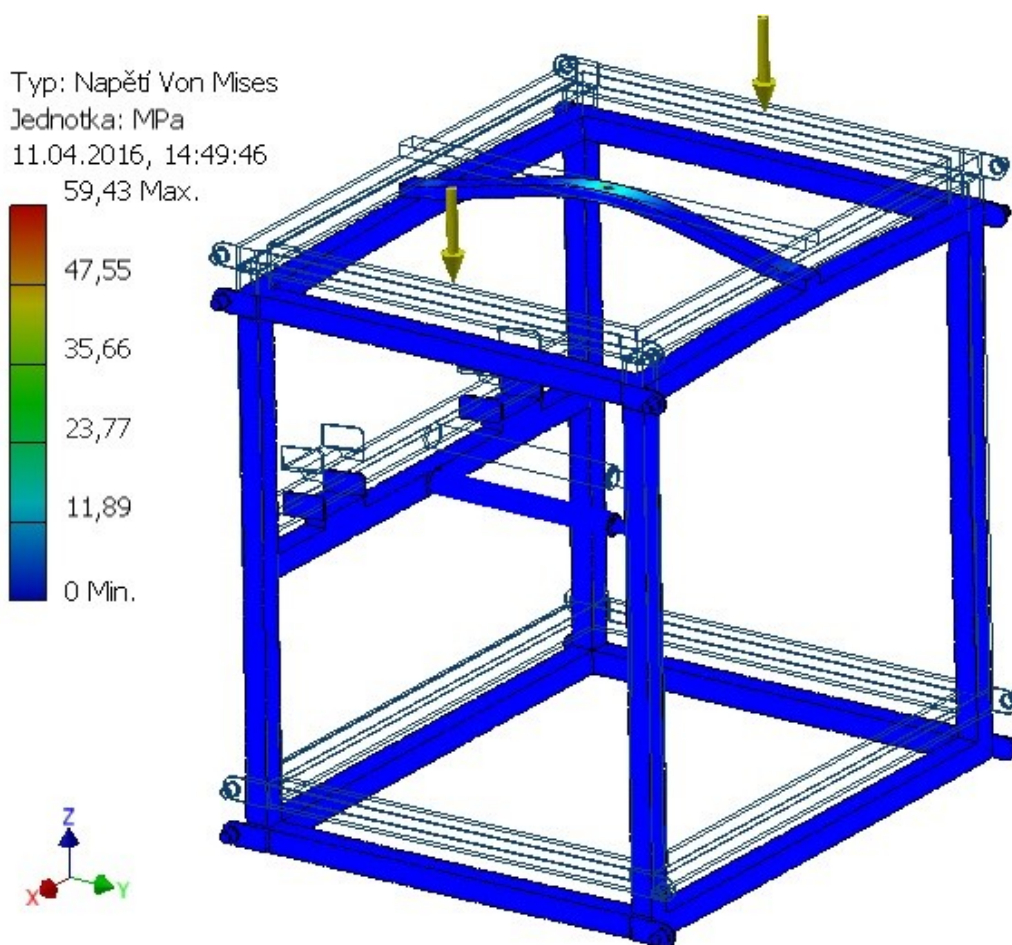
6. Konstrukce věže

Věž je oporou celého konstrukčního návrhu. Jsou k ní připevněny všechny komponenty, takže její ocelová konstrukce dokáže vše udržet a odolat všem rázům při výklopu pracovní palety.

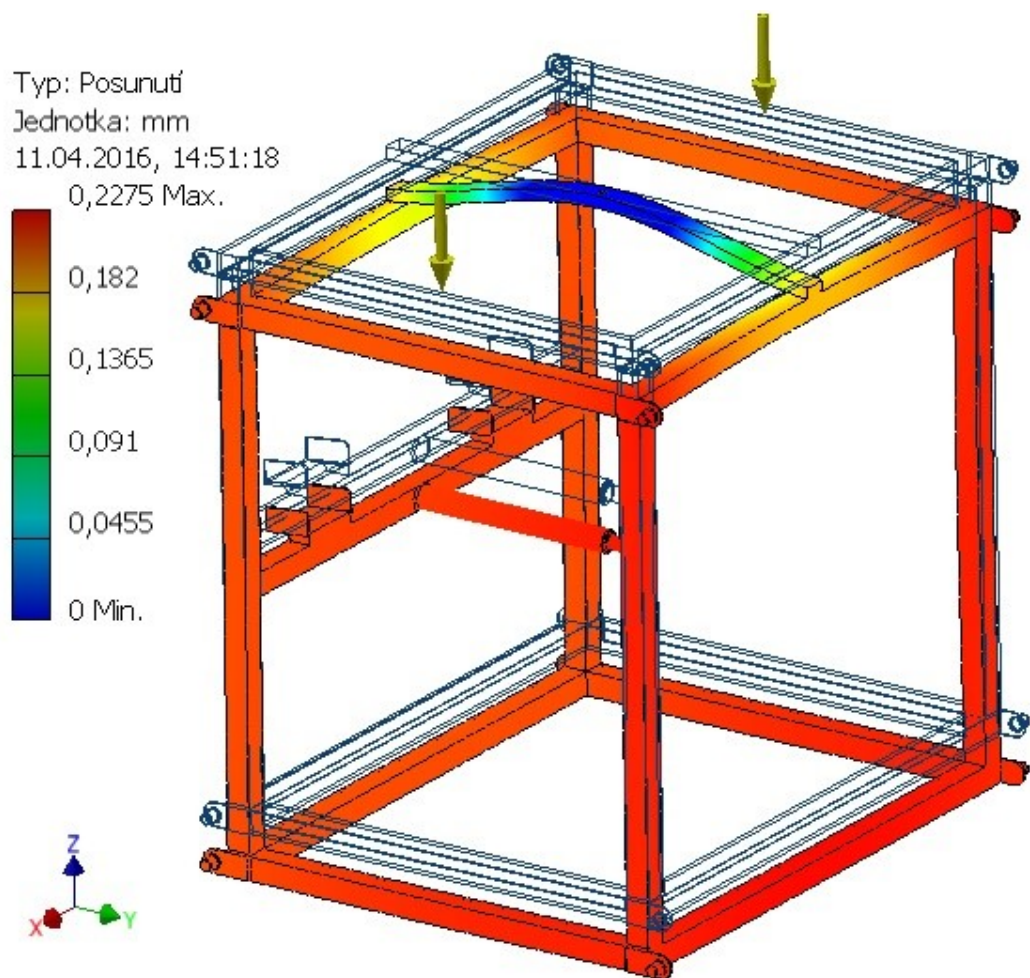
6.1. Konstrukce pojízdné klece

Pojízdná klec je součást, která se pohybuje vertikálně a je k ní připevněna záchytná plošina. Pojízdná klec se pohybuje na plastových kolečkách v drážkách věže, a zároveň je jistěna, přes soustavu kladek, protizávažím.

Následně je zhotovena pevnostní analýza, zda je nosná tyč schopna udržet hmotnost pojízdné klece a všech komponentů k ní připevněných.



Obr. 6.1. – Výsledné napětí v zavěšení pojízdné klece



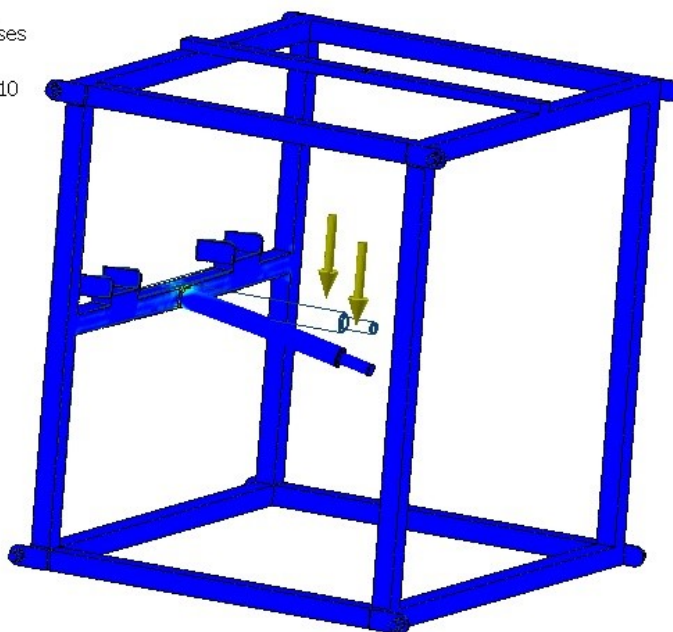
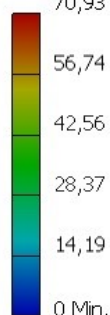
Obr. 6.2. – Znázornění posunutí elementů pojízdné klece

Síly představují celkovou tíhu pojízdné klece včetně jejich komponentů a pevná vazba je umístěna v místě závěsu pojízdné klece. Hmotnost klece, včetně pracovní palety a dalších komponentů, je 16,72 kg. V pevnostní analýze je tedy použita zatěžující síla 164 N.

Jak vyplývá z pevnostní analýzy, zavěšení pojízdné klece je vyhovující jak z hlediska napětí, tak i délkového posunutí.

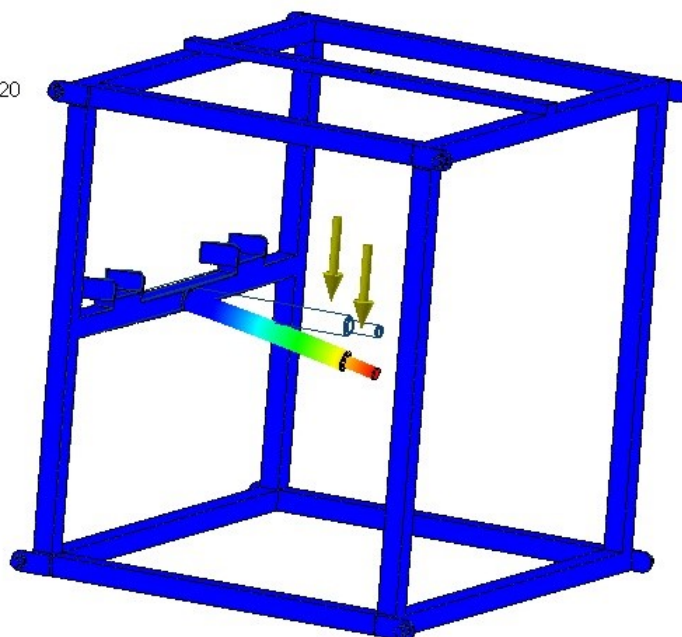
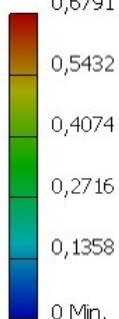
Dále je provedena kontrola hřídele, na které je připevněna záchytná plošina, abychom zjistili, zda nedochází k příliš velkým napětím a velkým délkovým posunům. Velikost použité síly vychází z hmotnosti záchytné plošiny, závory a naložené pracovní palety, tj. 85,288 N.

Typ: Napětí Von Mises
 Jednotka: MPa
 11.04.2016, 14:40:10
 70,93 Max.



Obr. 6.3. – Napětí hřídele pojízdné klece

Typ: Posunutí
 Jednotka: mm
 11.04.2016, 14:43:20
 0,6791 Max.

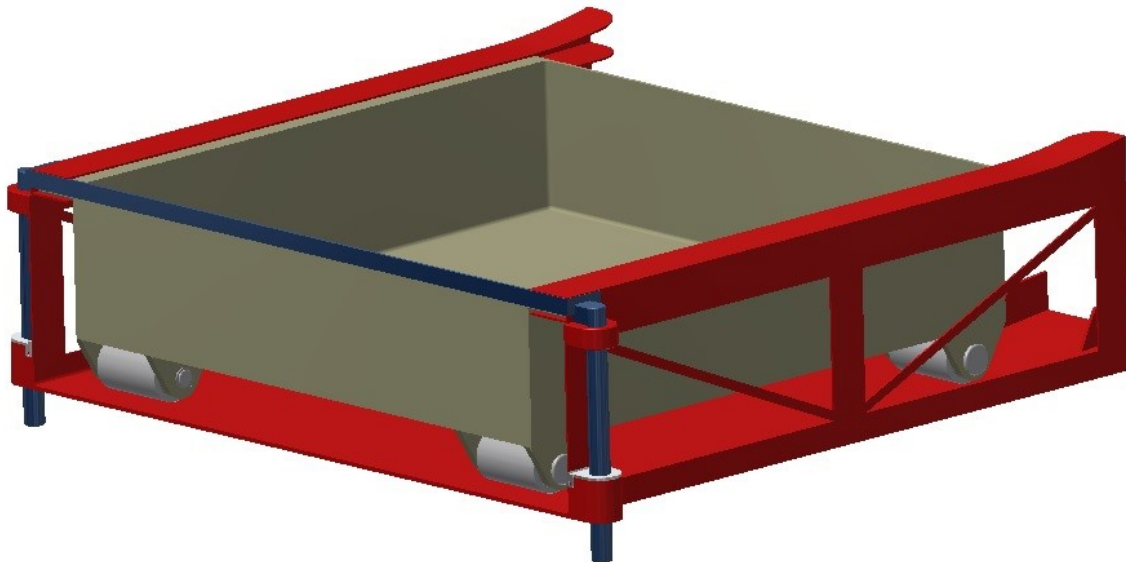


Obr. 6.4. – Délkové posunutí hřídele pojízdné klece

Síly vyjadřují tíhu záchytné plošiny, naložené pracovní palety a gravitace. Napětí a délkové posunutí mají sice trochu vyšší hodnoty, ovšem i tak jsou dostačující pro funkčnost výklopného mechanismu.

6.2. Konstrukce záchytné plošiny

Záchytná plošina je sekce, do které vjede pracovní paleta a je zde jistěna proti nežádoucím pohybům při vyklápěcím ději. Plošina je také opatřena závorou, která pracovní paletu zastaví.



Obr. 6.5. – Otočná sekce s pracovní paletou a závorou

6.2.1. Výpočet valivého odporu pracovní palety

Pracovní paleta se pohybuje na čtyřech válečkách, kdy každý z nich je bržděn valivým odporem.

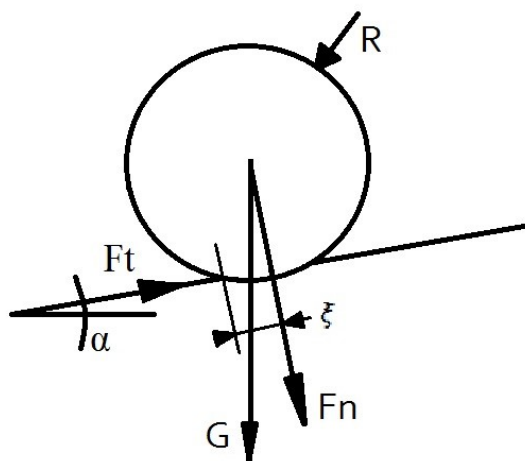
Hodnoty potřebné pro výpočet:

Poloměr válečku: $R = 0,0125$ [m]

Úhel sklonu dráhy: $\alpha = 6$ [°]

Hmotnost naložené pracovní palety: $m = 5,205$ [kg]

Součinitel tření ocel-ocel: $\xi = 5 \cdot 10^{-5}$ [m]



Obr. 6.6. – Schéma valivého odporu

$$F_t = \xi \cdot \frac{F_n}{R} [N] \quad (9)$$

$$F_t = 5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{12,695}{0,0125} = \mathbf{0,051 \, N}$$

Kde:

F_t [N] valivý odpor jednoho válečku

F_n [N] síla jednoho válečku na plochu dopravníku

$$F_n = \frac{F_{nc}}{4} [N] \quad (10)$$

$$F_n = \frac{50,781}{4} = \mathbf{12,695 \, N}$$

Kde:

F_{nc} [N] celková síla pracovní palety na plochu dopravníku

$$F_{nc} = G \cdot \cos(\alpha) [N] \quad (11)$$

$$F_{nc} = 51,061 \cdot \cos(6^\circ) = \mathbf{50,781 \, N}$$

Celkový valivý odpor pracovní palety:

$$F_{tc} = F_t \cdot 4 [N] \quad (12)$$

$$F_{tc} = 0,051 \cdot 4 = \mathbf{0,2031 \, N}$$

Kde:

F_{tc} [N] celkový valivý odpor

6.2.2. Výpočet koeficientu tření

Celkový pohyb pracovní palety je ovlivňován třením dotýkajících se ploch, jak v ložiscích, tak v jiných místech navzájem pohybujících se povrchů.

Koeficient tření se vypočítá z rovnice (1) tzn., z rovnice rovnováhy pro osu x.

Třecí síla T_a a T_b mají vztah s normálovými silami N_a a N_b a koeficientem tření:

$$T_a = N_a \cdot f \text{ [N]} \quad (13)$$

Kde:

f [-] koeficient tření pracovní palety

$$T_b = N_b \cdot f \text{ [N]} \quad (14)$$

Následně tyto vztahy dosadíme do rovnice (1) a vyjde nám rovnice pro koeficient tření:

$$f = \frac{G_x - F_{tc}}{(N_a + N_b) \cdot 2} \text{ [-]} \quad (15)$$

$$f = \frac{5,337 - 0,2031}{(26,149 + 24,631) \cdot 2} = 0,05$$

6.2.3. Výpočet pohonné síly pracovní palety

Pro výpočet síly, která pohání vozík, se vychází z rovnice (1), kde pohonná síla je rovna gravitační síle v ose x zmenšené o třecí síly T_a , T_b a celkový valivý odpor.

$$F_p = G_x - T_a - T_b - F_{tc} \text{ [N]} \quad (16)$$

$$F_p = 5,337 - 1,307 - 1,232 - 0,2031 = 2,595 \text{ N}$$

Kde:

F_p [N] pohonná síla pracovní palety

6.2.4. Výpočet zrychlení, rychlosti a času

Zrychlení: zrychlení je vypočteno z hodnoty pohonné síly pracovní palety a Newtonovy pohybové rovnice

$$F_p = m \cdot a \quad [N] \quad (17)$$

$$a = \frac{F_p}{m} \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (18)$$

$$a = \frac{2,595}{5,205} = \mathbf{0,499 \, m \cdot s^{-2}}$$

Kde:

a $[m \cdot s^{-2}]$ zrychlení pracovní palety

Čas: čas je vypočten z rovnice pro rovnoměrně zrychlený pohyb

$$l = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t \quad [m] \quad (19)$$

$$t = \sqrt{\frac{l \cdot 2}{a}} \quad [s] \quad (20)$$

$$t = \sqrt{\frac{1 \cdot 2}{0,499}} = \mathbf{2,003 \, s}$$

Kde:

l $[m]$ délka dráhy

t $[s]$ čas jízdy pracovní palety

Rychlost: rychlost se vypočte z další rovnice pro rovnoměrně zrychlený pohyb

$$v = a \cdot t + v_0 \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (21)$$

$$v = 0,499 \cdot 2,003 + 0 = \mathbf{0,999 \, m \cdot s^{-1}}$$

Kde:

v $[m \cdot s]$ rychlost pracovní palety

6.2.5. Silový impuls pracovní palety

Impuls síly pracovní palety je určen jako pohonná síla pracovní palety za čas.

$$I = F_p \cdot t \quad [N \cdot s] \quad (22)$$

$$I = 2,595 \cdot 2,003 = 5,198 \, N \cdot s$$

Kde:

I [N·s] impuls síly pracovní palety

6.2.6. Pevnostní analýza závory

Závora je z oceli a její tvar je konstruován tak, aby odolal velkým silám. Síla působící na závoru je rovna síle pracovní palety a pevné vazby jsou umístěny na bočních hřídelích, které jsou pevně zasazeny v rámu záchytné plošiny.

Výsledky analýzy jsou dostačující tzn., že závora odolá síle pracovní palety.

Typ: Napětí Von Mises

Jednotka: MPa

19.04.2016, 12:38:11

3,377 Max.

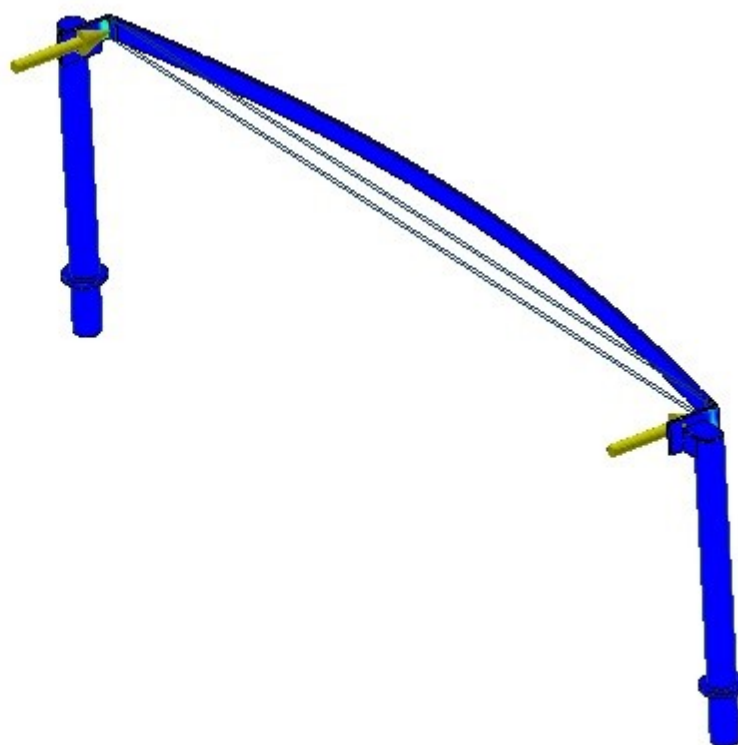
2,701

2,026

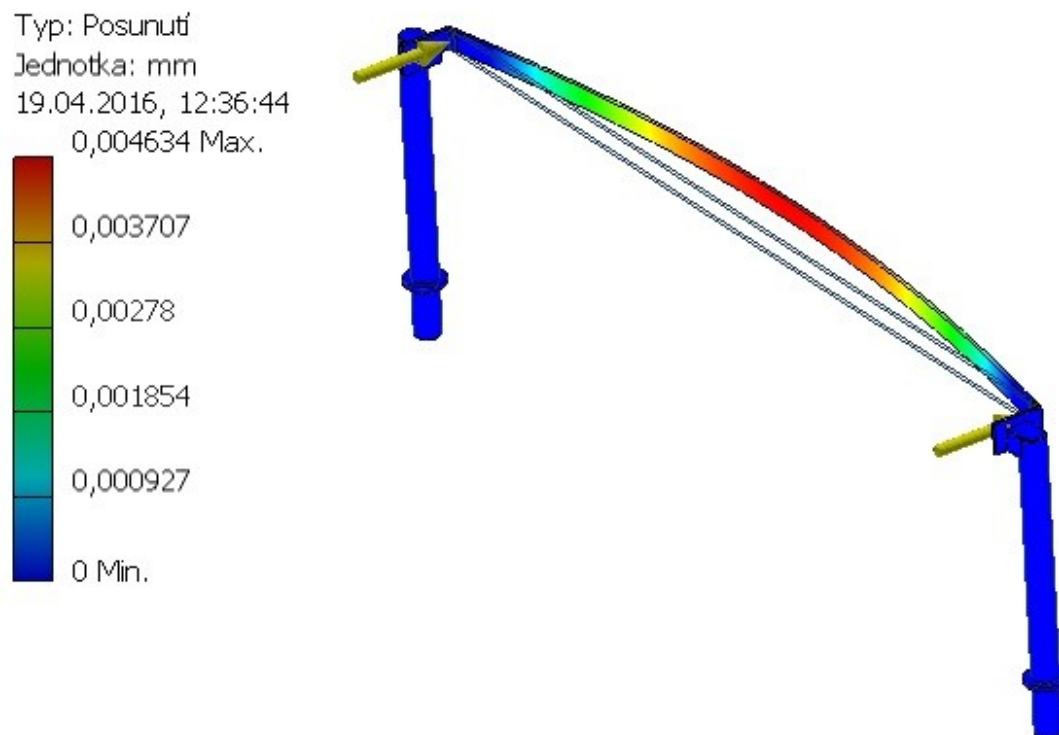
1,351

0,675

0 Min.



Obr. 6.7. – Působící napětí v částech závory

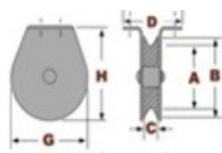


Obr. 6.8. – Délkové posunutí závory

6.3. Kladky a jejich uchycení

Na vrchlou věže se nacházejí dvě kladky, které drží tíhu pojízdné klece a protizávaží. Kladky jsem volil s ohledem na zátěž a bezpečnost. Maximální hmotnost kterou budou kladky nést je 30,218 kg.

Volím kladky od firmy **Metal-trade** tj., **kladka ocelová s přírubou typ 2 Zn**. Kladka je ocelová v povrchové úpravě bílý galvanický zinek. Kladka má litinovou cívku a pouzdro je ocelové.

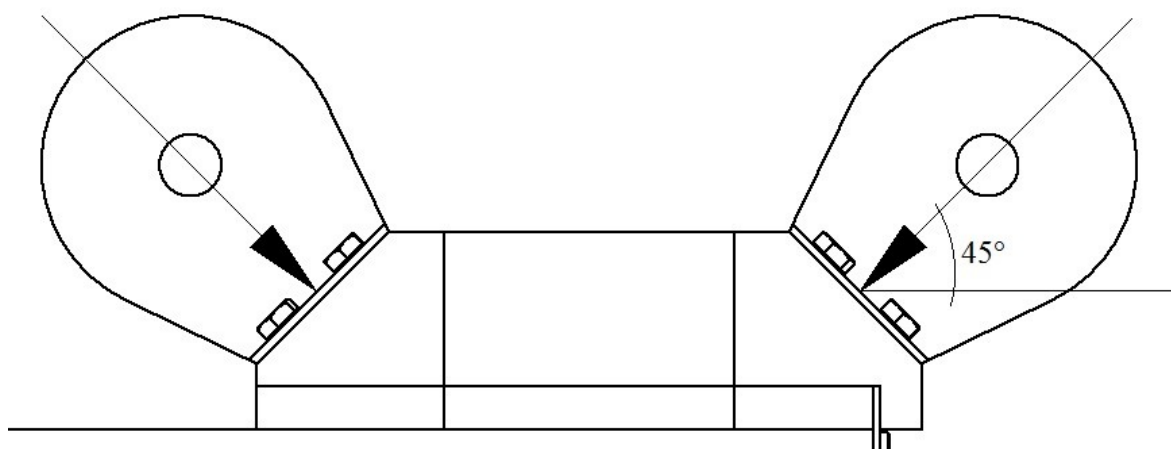


Kladka k upevnění na plochu1 / Deck mount block

Kód Art. No.	lano rope mm	D mm	B mm	G mm	plech mm	nosnost WLL kg	kg/100ks kg/100pcs	ks (pcs)
3650-05	6-8	51	51	54	1,5	270	23,0	1 / 100
3650-06	6-8	51	73	80	2	360	52,0	1 / 50
3650-08	8-10	83	89	96	2,5	700	114,0	1 / 20
3650-10	8-10	90	98	108	3	770	154,0	1 / 15
3650-11	8-10	90	124	151	4	800	114,0	1 / 20

Obr. 6.9. – Typ ocelové kladky [4]

Upevnění kladek je konstruováno tak, aby docházelo k co nejmenšímu namáhání, jak kladek, tak příruby. Konstrukční řešení směřuje působení sil kolmo na místo upnutí. Šipky na obrázku (6.10.) znázorňují směr působení sil.

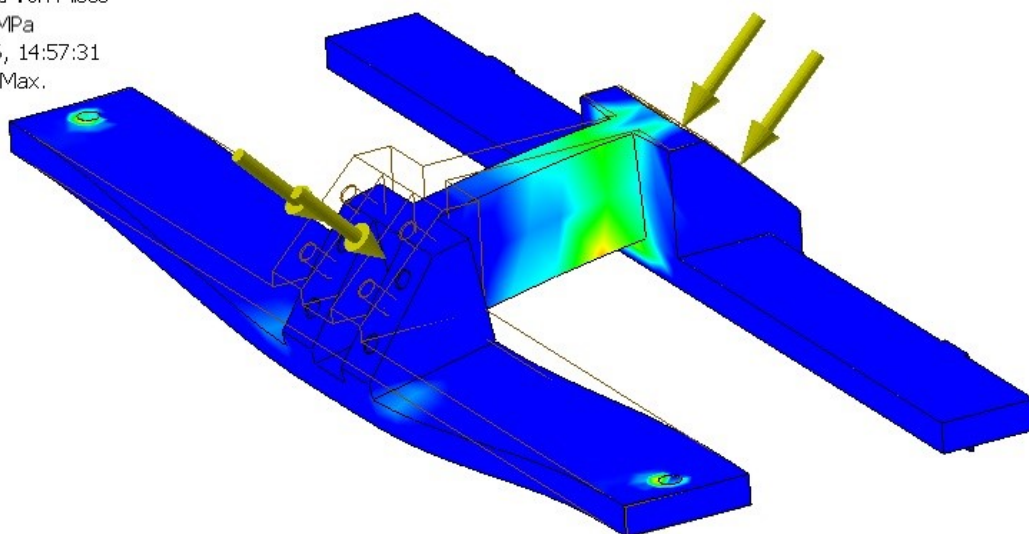
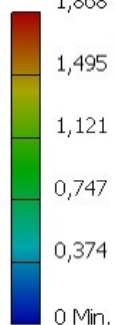


Obr. 6.10. – Schéma uložení kladek a působení sil

Nyní je provedena pevnostní analýza držáku kladek. Silové zatížení je rovno síle vycházející z hmotnosti všech částí sestavy, které jsou připevněny k ocelovému lanu. Celková síla má hodnotu 296,439 N.

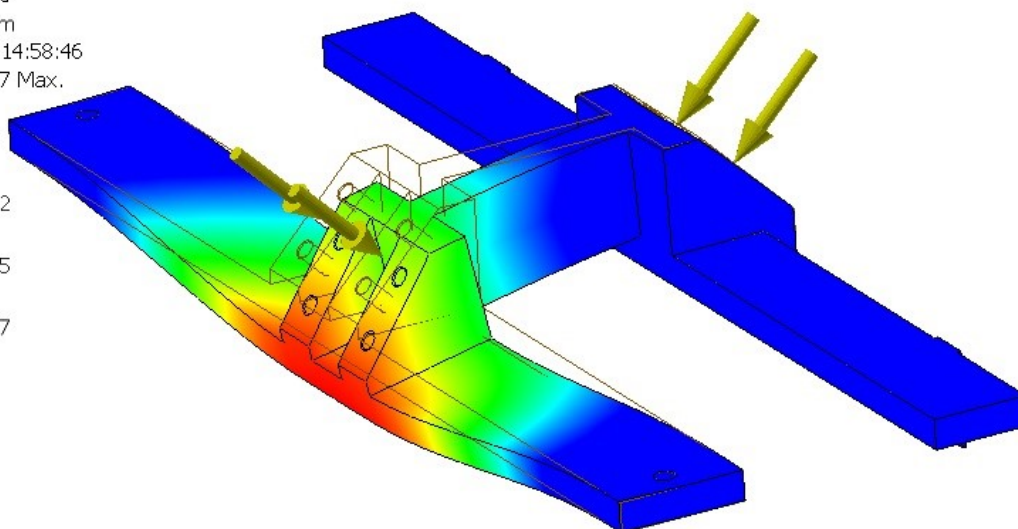
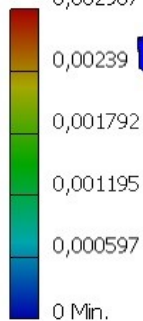
Držák kladek je vyhotoven z velkých ocelových profilů, tudíž odolá silám zde působícím a zaručuje dlouhou životnost.

Typ: Napětí Von Mises
 Jednotka: MPa
 11.04.2016, 14:57:31
 1,868 Max.



Obr. 6.11. – Znázornění napětí v držáku kladek

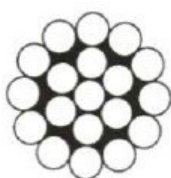
Typ: Posunutí
 Jednotka: mm
 11.04.2016, 14:58:46
 0,002987 Max.



Obr. 6.12. – Znázornění posunutí elementů držáku kladek

6.4. Ocelové lano

Ocelového lano drží pojízdnou klec a protizávaží přes soustavu kladek. Zátěže zde nejsou příliš velké, proto postačí jednodušší a tenčí lano. Proto volím ocelové lano od firmy **Metal-trade** tj., **ocelové lano ČSN 02 4311 (1x19) malá cívka**. Povrchová úprava bílý galvanický zinek.



Lano ocelové ČSN 024311 (1x19) malá cívka / Wire rope 1x19 small reel

povrch / finish: galvanický zinkochromát > 8µm / *zinc galvanized > 8µm*
materiál / material: vysokouhlíková ocel, pevnost 1770MPa / *high carbon steel*
konstrukce: pravé křížové vinutí 1 x 19 (1+6+12) / *right stranding 1 x 19 (1+6+12)*
norma / norm: ČSN 024311 / DIN 3053 / EN 12385-4

Kód Art. No.	Ø mm	mez pevnosti kN tensile strength kN	nosnost kg WLL kg	kg 100m	kg / cívka kg / reel	návin m reel m
3491-010	1,0	0,93	25	0,51	2,34	400
3491-012	1,25	1,37	35	0,79	3,46	400
3491-016	1,6	2,26	60	1,27	5,38	400
3491-020	2,0	3,81	100	1,95	4,20	200
3491-025	2,5	5,94	150	3,10	6,50	200
3491-030	3,15	8,37	210	4,50	4,80	100

Obr. 6.13. – Typ ocelového lana [4]

Výpočet bezpečnosti ocelového lana:

Bezpečnost je určena poměrem jmenovité pevnosti lana k maximálnímu statickému zatížení lana. Pro využití ocelového lana jako výtahové, které se nejvíce přibližuje k mému využití lana, se bezpečnost pohybuje v rozmezí 8 – 16.

$$k = \frac{N_j}{F} [-] \quad (23)$$

$$k = \frac{3810}{296,44} = 12,853$$

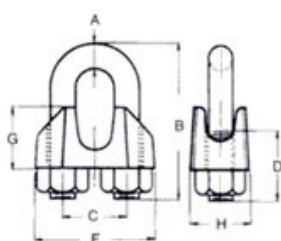
Kde:

k	[-]	bezpečnosti ocelového lana
N_j	[N]	mez pevnosti ocelového lana
F	[N]	síla v ocelovém laně

Hodnota síly F je vypočtená ze součtu váhy protizávaží, pojízdné klece a pracovní palety.

Potřebná délka ocelového lana je zhruba 2,4 m.

Upevnění ocelového lana provedeme vytvořením smyčky pomocí lanové svorky od firmy **Metal-trade** tj., **svorka lanová DIN 1142**. Povrchová úprava bílý nebo žlutý galvanický zinek.



Svorka lanová DIN 1142 / Wire rope clip DIN 1142

povrch / finish: galvanický zinkochromát (žlutý) > 12μm / *galvanized* > 12μm

materiál / mat.: třmen, ocel S355JR, pevn.tř.5.6, R_e 300MPa / *u-bolt, steel St52-3*

patka, tvárná litina GGG 40, DIN 1692 / *body, malleable iron*

Kód Art. No.	lano Ø rope	závit thread	B mm	C mm	D mm	F mm	kg 100ks kg 100pcs	ks (pcs)
3442-05	5	M5	25	12	14	25	2,0	100 / 1000
3442-06	6,5	M6	32	14	17	30	4,0	100 / 500
3442-08	8	M8	41	18	20	39	8,2	50 / 250
3442-10	10	M8	46	20	24	40	9,2	50 / 250
3442-13	13	M12	64	29	29	55	26,1	25 / 100
3442-16	16	M14	76	34	35	64	43,0	10 / 50
3442-19	19	M14	83	37	36	68	48,0	10 / 50
3442-22	22	M16	96	41	40	74	69,0	1 / 30
3442-26	26	M20	111	46	50	84	117,0	1 / 20
3442-30	30	M20	127	54	55	95	140,0	1 / 20
3442-34	34	M22	141	60	60	105	213,0	1 / 10
3442-40	40	M24	159	68	65	117	268,0	1 / 10

Obr. 6.14. – Typ lanové svorky [4]

6.5. Tlumiče nárazů pro pojízdnou klec

Při pohybu pojízdné klece je potřeba tlumit nárazy klece nahoře i dole. Proto jsem se rozhodl pro použití **průmyslových tlumičů rázu ACE** s axiálním tlumením od firmy **Bibus**. V tom to případě se jedná o **deformační tlumič řady TUBUS – Typ TA**.

Tlumič jsem navolil podle rozdílu hmotností mezi pojízdnou klecí a protizávažím a následně z toho vyvodil, jak velkou sílu bude potřeba brzdit. Proto jsem zvolil čtyři nahoře a čtyři dole, aby se zajistila rovnoměrnost působení sil.

Rozměry a výkonnostní tabulka										
Typ	¹ W ₃ Nm/zdvih	² W ₃ Nm/zdvih	Max. zdvih mm	D	L ₁	M	L ₂	D ₁	d ₂	Hmotnost kg
TA12-5	2	3	5	12	3	M3	11	15	11	0,001
TA17-7	6	9	7	17	4	M4	16	22	15	0,004
TA21-9	10	16	9	21	5	M5	18	26	18	0,007
TA22-10	11,5	21	10	22	6	M6	19	27	19	0,008
TA28-12	29	46	12	28	6	M6	26	36	25	0,016
TA34-14	48	87	14	34	6	M6	30	43	30	0,024
TA37-16	65	112	16	37	6	M6	33	48	33	0,031
TA40-16	82	130	16	40	8	M8	35	50	34	0,04
TA43-18	112	165	18	43	8	M8	38	55	38	0,051
TA47-20	140	173	20	47	12	M12	41	60	41	0,08
TA50-22	170	223	22	50	12	M12	45	64	44	0,085
TA54-22	201	334	22	54	12	M12	47	68	47	0,1
TA57-24	242	302	24	57	12	M12	51	73	50	0,116
TA62-25	304	361	25	62	12	M12	54	78	53	0,132
TA65-27	374	468	27	65	12	M12	58	82	57	0,153
TA70-29	421	524	29	70	12	M12	61	86	60	0,174
TA72-31	482	559	31	72	16	M16	65	91	63	0,257
TA80-32	570	831	32	80	16	M16	69	100	69	0,312
TA82-35	683	921	35	82	16	M16	74	105	72	0,351
TA85-36	797	1 043	36	85	16	M16	76	110	75	0,391
TA90-38	934	1 249	38	90	16	M16	80	114	78	0,414
TA98-40	1 147	1 555	40	98	16	M16	86	123	85	0,513
TA116-48	2 014	2 951	48	116	16	M16	101	146	98	0,803

Obr. 6.15. – Typ tlumiče řady TUBUS [3]



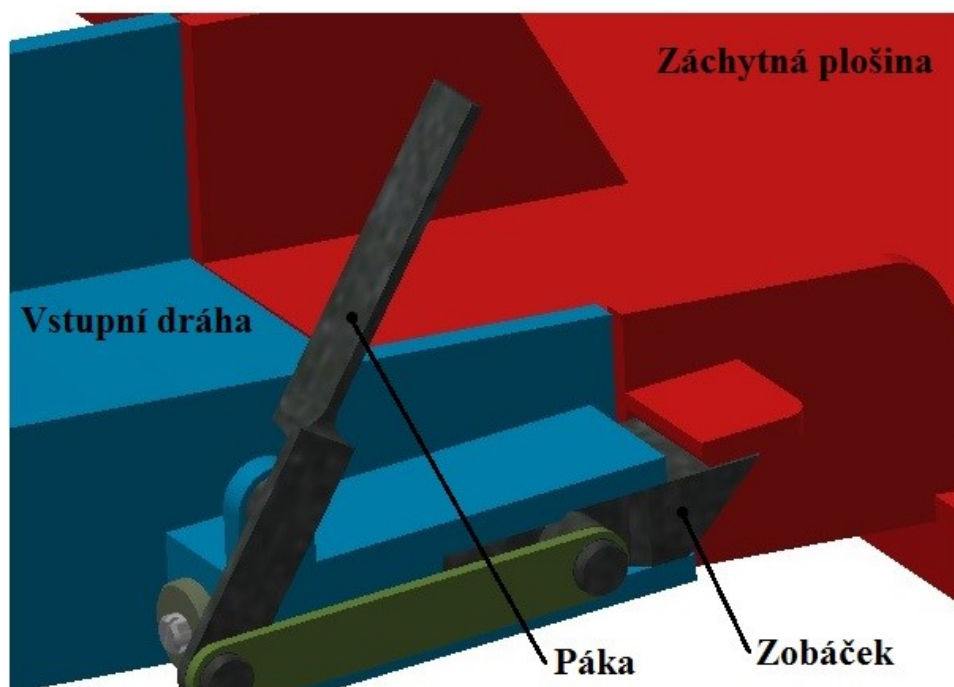
Obr. 6.16. – Deformační tlumič [3]

6.6. Bezpečnostní mechanismy

Jsou to takové mechanismy, které zaručují správnou funkci sestavy vůči nežádoucím, nebo předčasným pohybům jednotlivých sekcí. Všechny fungují na jednoduchých principech pákových mechanismů. Jsou zde celkem čtyři mechanismy.

6.6.1. Horní pojistný mechanismus

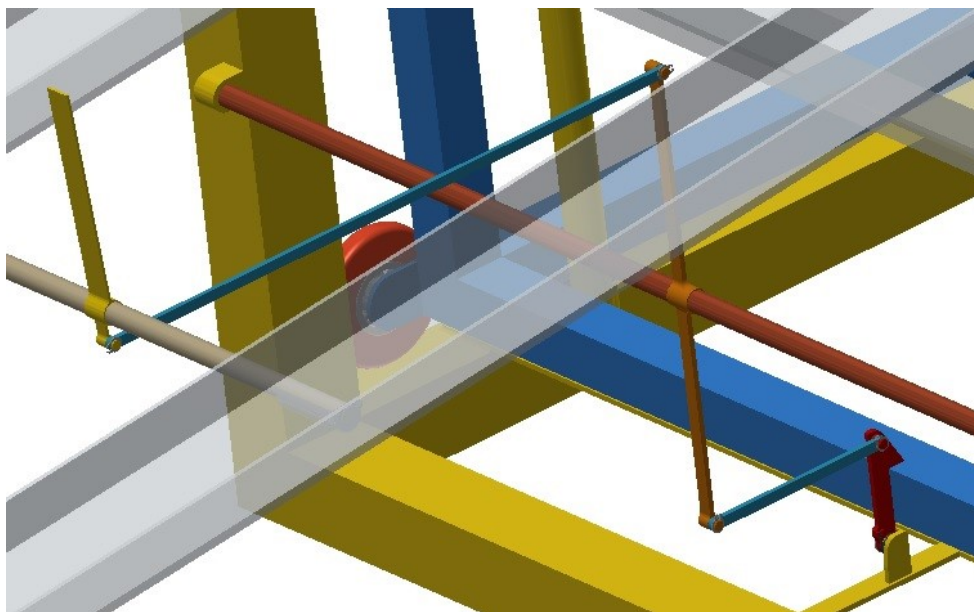
Tento mechanismus jistí pojízdnou klec, aby se nezačala pohybovat směrem dolů, dokud nebude pracovní paleta v celém svém objemu na záchytné plošině. Funguje na tom principu, kdy pracovní paleta sklopí páku, která uvolní pojízdnou klec.



Obr. 6.17. – Horní pojistný mechanismus

6.6.2. Dolní pojistný mechanismus

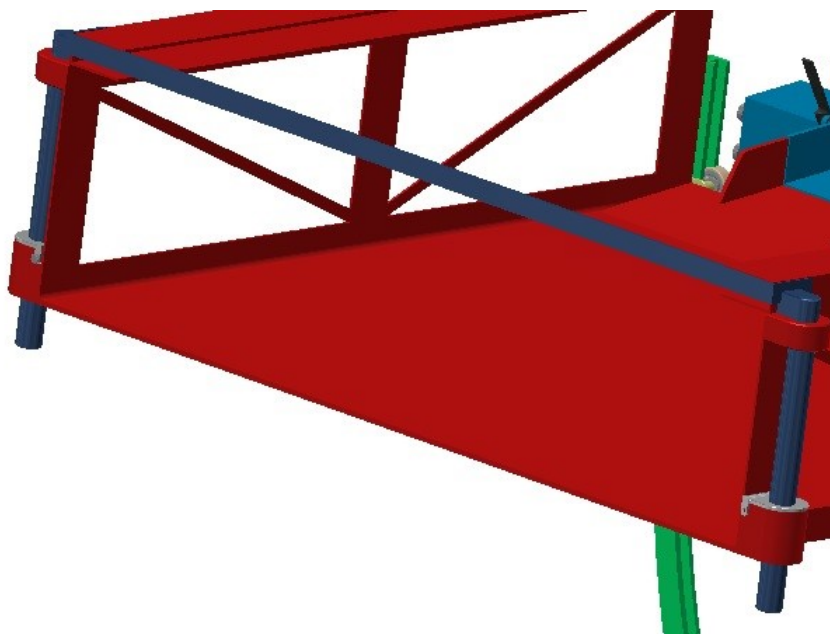
Dolní pojistný mechanismus má obdobnou úlohu jako horní pojistný mechanismus, a to, že jistí pojízdnou klec a nedovolí ji v pohybu nahoru, dokud pracovní paleta neopustí prostor záchytné plošiny. Jak jde vidět na obrázku (6.18.), pracovní paleta sklopí páku, která odklopí zobáček a ten uvolní pojízdnou klec.



Obr. 6.18. – Dolní pojistný mechanismus

6.6.3. Závora

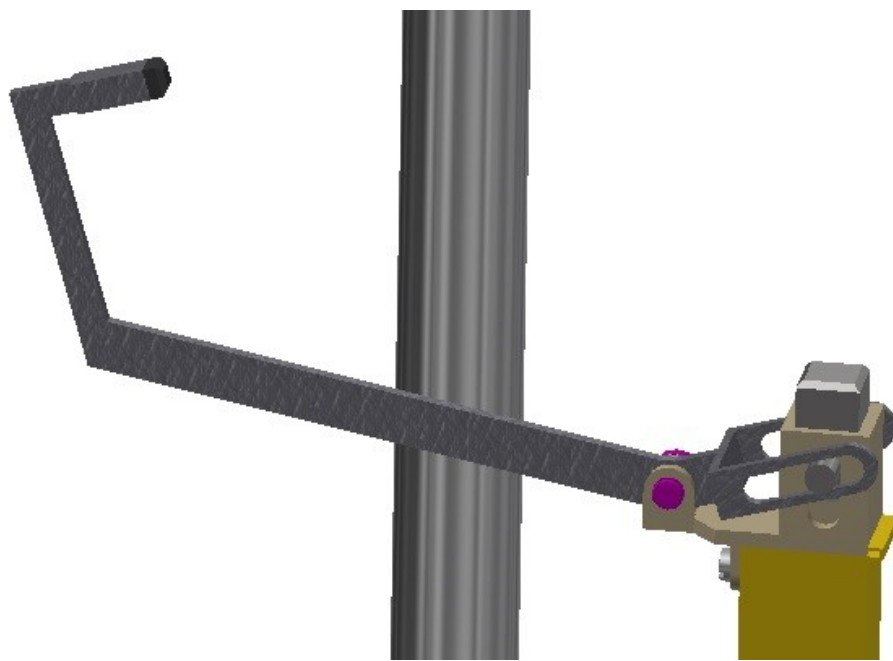
Tento pojistný mechanismus zaručuje udržení pracovní palety v záchytné plošině. V momentě, kdy se octne pojízdná klec dole, dojde k otevření této závory, aby mohla pracovní paleta opustit prostor záchytné plošiny. Závora je pevně ukotvená v rámu záchytné plošiny.



Obr. 6.19. – Mechanismus závory

6.6.4. Mechanismus popostrčení pracovní palety

Funkcí tohoto posledního mechanismu je popostrčit pracovní paletu kupředu, aby mohla opustit prostor sekce pro výklop na konci výklopného děje. Vše se odehrává pomocí pákového mechanismu, který je spuštěn sestoupením pojízdné klece dolů.



Obr. 6.20. – Mechanismus popostrčení pracovní palety

7. Závěr

Podle zadaných požadavků byl vypracován konstrukční návrh sekce gravitačního dopravníku pro vyklápění pracovní palety, který funguje na principech gravitace.

V problematice konstruování jsem se zabýval nejprve konstrukcí pracovní palety. Přestože byla pracovní paleta konstruována s ohledem na zadání, musel jsem upravit část zadání, a to maximální vnější rozměry palety z důvodu uchycení pracovní palety proti nežádoucímu pohybu. Dále jsem také navrhl konstrukci dopravní plochy na vstupu a výstupu, i když není součástí zadání. Bylo to ale nutné z hlediska napojení dráhy do sekce pro výklop a také pro dráhu na výstupu.

Následně jsem se dostal ke konstrukci sekce pro výklop pracovní palety, kde jsem při navrhování postupoval systematicky od největších dílů po nejmenší. Samotné konstruování a navrhování bylo obtížné, protože žádná podobná konstrukce se na trhu nevyskytuje. Specifickou vlastností je využití pouze gravitačních sil k pohybu pracovní palety a způsobu jejího vyprázdnění. Pro správnou funkci výklopu jsou použity zajišťovací prvky, které jsou založeny výhradně na mechanických principech.

Ve výpočtové části jsem vypočítal celkovou dynamiku pracovní palety a její pohyb po dopravníku. Na základě těchto výpočtů jsem poté všechny namáhané díly podrobil MKP analýze v softwaru Autodesk Inventor Profesional 2015, aby byla zaručena funkčnost a životnost konstrukce.

Mezi výhody navrženého provedení patří pevná ocelová konstrukce zajišťující dlouhou životnost, a zároveň je konstrukce navržena s ohledem na jednoduchou montáž. Mezi další výhody můžeme zařadit nízkou energetickou náročnost z důvodů nevyužívání pohonných zařízení a také nenáročnou údržbu.

K nevýhodám přiřazuji například vysokou přesnost výroby některých dílů, omezení z hlediska prostorových nároků a nutnost využití v čistém prostředí.

Literatura

- [1] POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I.* Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2001, 104 s. ISBN 80-248-0043-8
- [2] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření.3., dopl. vyd.* Úvaly:Albra, 2006, 914 s. ISBN 80-7361-0337.
- [3] Průmyslové tlumiče rázů ACE. bibus. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22].
Dostupné z:http://www.bibus.cz/fileadmin/editors/countries/bisro/katalogy/ACE/2015_aktualni_katalogy/ACE-Katalog_2012_CZ_rev_2015.pdf
- [4] Metaltrade. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.metaltrade.cz/cs/eshop/system-root>
- [5] odebírací dopravníky. Htech. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://cze.htech.cz/produkty/18/odebiraci-dopravniky>
- [6] strojírenství. CAD.cz. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:<http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/4656-analyza-koreckoveho-dopravniku-v-programu-abaqus.html>
- [7] logistické systémy. ssi-schaefer. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.ssi-schaefer.cz/logisticke-systemy/dopravnikove-systemy/univerzalni-clankovy-dopravnik.html>
- [8] manipulační technika. TRIOM. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: http://www.triom.cz/technologie-automatizace/dopravniky-polohovadla/27__krokovaci-chladici-dopravnik
- [9] šnekové dopravníky. ingotto. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.agro.ingotto.sk/kategoria/polnohospodarska-technika-cimbria-stroje-na-cistenie-a-upravu-obilovin-dopravniky-snekove-dopravniky>

- [10] dopravní systémy. DAS spol.. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:
http://www.dasfm.cz/produkty/valeckovy_dopravnik_pro_naplnene_papirove_pytle_vd_7341
- [11] produkty. STRAND. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:
<http://strand.cz/produkty/gravitacni-kladickova-trat-prima/>
- [12] gravitační dopravníky. FEIFER. [online]. 22.4.2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:
<http://www.feifer.cz/345-dopravnik-dp500-plast-val-d-1500-mm-p-60-mm.html?idproduktu=11919&vybranasablona=1702&detailproduktu=1>

Seznam příloh

SB3KVS01 – S01	-	Výkres celé sestavy
SB3KVS01 – S02	-	Výkres sestavy pracovní palety
SB3KVS01 – S03	-	Výkres sestavy posuvné klece
SB3KVS01 – S04	-	Výkres sestavy dolní pojistky
SB3KVS01 – 01	-	Výkres záchytné plošiny
SB3KVS01 – 02	-	Výkres posuvné klece
SB3KVS01 – 03	-	Výkres nosné věže
SB3KVS01 – 04	-	Výkres korby pracovní palety
SB3KVS01 – 05	-	Výkres držáku tlumiče rázů
SB3KVS01 – 06	-	Výkres držáků kladek